Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 4, Winter 2023, p. 885-901

Improvement of Postharvest Traits of Kiwi Fruit (*Actinidia deliciosa* L. cv. Hayward) by Seaweed (*Ascophyllum nodosum*) Application

M. Ghafouri[1], F. Razavi[2]*, M. Arghavani[3], E. Abedi Gheshlaghi[4]

Received: 20-10-2021 Revised: 30-01-2022 Accepted: 31-01-2022 Available Online: 30-01-2023	**How to cite this article:** Ghafouri, M., Razavi, F., Arghavani, M., & Abedi Gheshlaghi, E. (2023). Improvement of Postharvest Traits of Kiwi Fruit (*Actinidia deliciosa* L. cv. Hayward) by Seaweed (*Ascophyllum nodosum*) Application. *Journal of Horticultural Science 36*(4): 885-901. (In Persian with English abstract) **DOI**: 10.22067/jhs.2022.73178.1100

Introduction

Nowadays, the application of chemical compounds is limited due to their harmful effects on human and the environment health. The benefits of seaweeds as sources of organic matter and fertilizer nutrients have been known to agriculture for centuries, especially in coastal areas extracts of these seaweeds have been used for decades as foliar- and soil-applied treatments in crop production systems due to the presence of a number of plant growth-stimulating compounds. Unlike chemical fertilizers, extracts derived from seaweeds are biodegradable, non-toxic and non-hazardous to humans, animals and birds. Therefore, it is required to find a safe compound that is utilized in the postharvest technology of fruit and vegetables. Pre-harvest application of nutrient solutions such as seaweed increases the quality and quantity of crop and also enhance their storage life and marketability. Various researchers reported that aqueous extracts of seaweed increased the yield and quality of tangerine and orange, strawberry, grape, apple, and watermelon fruit. Thus, the aim of the current study was to investigate the effect of pre-harvest foliar application of Seaweed extract on quality and quantity values, antioxidant properties, and storage life of kiwifruits.

Material and Methods

This experiment was carried out on 10-year-old kiwifruit vines, in a commercial orchard located in Gilan Province. Vines were selected with uniform size in terms of growth, yield and fruit load, then sprayed with seaweed extract at four levels of 0, 1, 2 and 3 $g.l^{-1}$ as a foliar spray and control vines only received water. Foliar spraying was performed in three stages, (110, 125 and 140 days after full bloom stage) and Tween 20 was used as a surfactant. This experiment was designed as factorial based on randomized complete block design with three replications. The fruits were harvested in November with soluble solids content (TSS) of 6.5-6.2% and then transferred to the post-harvest physiology laboratory of the University of Zanjan. The treated fruits were stored for 90 days at 1 ° C with 90% RH. Sampling was done at harvest time and after 30, 60 and 90 days of storage and some quantity and quality traits such as weight loss, tissue firmness, TSS, ascorbic acid, total phenol and flavonoids, antioxidant capacity and the activity of superoxide dismutase (SOD) and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) enzymes were evaluated.

Results and Discussion

The ANOVA results showed that seaweed extract, storage time, and interaction of seaweed extract × storage time had a significant effect ($p \leq 0.01$) on evaluated traits. All treatments maintained the antioxidant capacity, total phenol and flavonoids content and PAL activity at a higher level compared with control. The amount of fruit tissue firmness, TA and ascorbic acid decreased by increasing the storage time, and at the third month of storage, the lowest amount was observed in the control fruit. Also, comparing the interaction of the mean of

1, 2 and 3- Ph.D. Student and Associate Professors, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: razavi.farhang@znu.ac.ir)
4- Assistant Professor of Horticulture Crops Research Department, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Rasht, Iran

treatments and storage time showed that pH, weight loss, TA, TSS, antioxidant capacity, total phenol, flavonoids and PAL enzyme activity increased by increasing the storage time. At the end of the storage time, the highest level of TSS, weight loss and pH were observed in the control fruit. The lowest antioxidant capacity (48.14 %) was observed in the control treatment at harvest time and the highest antioxidant capacity was observed in 3 levels of brown algae extract treatment at the end of storage period. Comparison of means showed that at the first 30 days of storage, the highest PAL enzyme activity was observed in the treatment of 3 g / l of brown algae. PAL enzyme activity significantly increased after the experiment. At the end of storage period, the lowest PAL enzyme activity was observed in control fruit. Treatment of 3 g / l brown algae had higher PAL activity. PAL, as a key enzyme in phenylpropanoid metabolism, catalyzes the conversion of phenylalanine to trans-cinnamic acid, which is the first step in the biosynthesis of phenylpropanoids and leads to the production of secondary metabolites such as lignin, phytolaxoids, and flavonoids. The direct and positive relationship of this enzyme with the synthesis of phenols and flavonoids has been discovered in the fruits of blood orange, strawberry and blueberry. The results of the comparison of the mean showed that the total phenol and flavonoids increased by increasing the storage time. The lowest phenol (23 mg GAE.100 g^{-1} FW) was observed in control fruit at harvest and the highest (8.88 mg GAE.100 g^{-1} FW) content of total phenol was observed in 3 levels of brown algae extract at the third month of storage. Plants release phenolic compounds in response to some messenger compounds that play an important defense role. Studies show that there is a positive relationship between total phenol content and their antioxidant activity. Flavonoids are also polyphenolic compounds and are the most important secondary compounds of plants. Under oxidative stress, in plants, the activity of propanoid pathway increases, especially the pathway of flavonoids biosynthesis. Flavonoid compounds are abundant in plants and show antioxidant activity. Seaweed extract enhances the antioxidant capacity of the fruit and thereby inhibits oxygen-free radicals Treatment of 3 g/l seaweed extract had the best effect among the treatments applied in maintaining firmness, fruit weight loss, TA, antioxidant capacity, total phenol and flavonoids and PAL enzyme activity. All three levels of seaweed extract increased the amount of total phenol, flavonoids and antioxidant capacity all over the storage time, but no significant difference was observed among the treatments levels. Based on the results, the application of 3 g/l seaweed extract effectively increased the antioxidant capacity and PAL enzyme activity during 90 days of storage time. As a result, seaweed extract treatment had positive effects on maintaining the quality and increasing the shelf life of kiwifruit during 90 days of storage.

Conclusion

Seaweed extract is one of the natural compounds and compatible with human health and nature has medicinal and nutritional value that can increase the shelf life and maintain fruit quality in the postharvest period. In summary, foliar application of seaweed extract has a significant effect on fruit firmness, total soluble solids, total acid, vitamin C, phenol and total flavonoids, total antioxidant activity and the enzyme phenylalanine ammonialyase. The appropriate treatment for kiwifruit cultivar ‘Hayward’ is introduced. Among the applied treatments, 3 g/l of seaweed extract had the best effect on firmness (40.40%), fruit weight loss percentage (41.87%), titratable acid (25.37%), vitamin C (33.26%), antioxidant capacity (26.70%), total phenol (81.17%), total flavonoids (103.67%) and PAL enzyme activity (153.75%) compared to the control in 90 days of storage.

Keywords: Antioxidant capacity, Foliar spraying, Phenylalanine ammonia-lyase enzyme, Total phenol and flavonoids

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص. ۹۰۱-۸۸۵

بهبود خصوصیات پس‌ازبرداشت میوه کیوی رقم ’هایوارد‘ با کاربرد قبل‌ازبرداشت جلبک قهوه‌ای (*Ascophyllum nodosum*)

مهشید غفوری[۱]- فرهنگ رضوی[۲]*- مسعود ارغوانی[۳]- ابراهیم عابدی قشلاقی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۱۱

چکیده

جلبک قهوه‌ای جزو زیست محرک‌هایی است که بدون اثرات مخرب زیست محیطی در تولید محصولات باغی و زراعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر تیمار جلبک قهوه‌ای به‌صورت محلول‌پاشی بر روی شاخه، برگ و میوه بر برخی خصوصیات کیفی و فعالیت آنتی اکسیدانی میوه کیوی رقم ’هایوارد‘ به صورت فاکتوریل (فاکتور اول: محلول‌پاشی جلبک قهوه‌ای در چهار سطح (صفر، ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر) در سه زمان ۱۱۰، ۱۲۵ و ۱۴۰ بعد از مرحله تمام گل؛ فاکتور دوم: زمان انبارمانی در ۴ سطح صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از انبارمانی) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. میوه‌های تیمار شده به مدت ۹۰ روز در شرایط انباری با دمای ۱ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰ درصد نگهداری شدند و به صورت ماهیانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده حاکی از تأثیر معنی‌دار تیمار عصاره جلبک قهوه‌ی بر صفات مورد ارزیابی بود. تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای موجب حفظ سفتی بافت میوه، ویتامین ث، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فنل، فلاونوئید کل و آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) در مقایسه با تیمار شاهد شدند. تیمار ۳ گرم در لیتر جلبک قهوه‌ای بهترین تأثیر را در بین تیمارهای اعمال شده در حفظ سفتی (۴۰/۴۰ درصد)، درصد کاهش وزن میوه (۴۱/۸۷ درصد)، اسید قابل تیتراسیون (۲۵/۳۷ درصد)، ویتامین ث (۳۳/۲۶ درصد) ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۲۶/۷۰ درصد) ، فنل کل (۸۱/۱۷)، فلاونوئید کل (۱۰۳/۶۷ درصد) و فعالیت آنزیم PAL (۱۵۳/۷۵ درصد) نسبت به شاهد در ۹۰ روز انبارمانی داشت. با توجه به اثرات مثبت تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای بر حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری میوه کیوی در طی دوره انبارداری، چنین به نظر می‌رسد که کاربرد این ترکیب در مقیاس وسیع به عنوان یک راهکار مناسب جهت افزایش کیفیت میوه کیوی رقم هایوارد قابل توصیه باشد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فلاونوئید و فنل کل، محلول‌پاشی

مقدمه

کیوی‌فروت (*Actinidia deliciosa*) سرشار از ویتامین C و دارای ترکیبات مختلف دیگر از جمله ویتامین E، پلی‌فنل‌ها، مواد معدنی، اسیدهای آلی و رنگریزه‌ها است (Hunter *et al*., 2011; Du *et al*., 2009). این میوه به علت داشتن ویتامین C و مواد معدنی می تواند به عنوان یک عامل ضد سرطان نیز عمل کند و همچنین به خاطر دارا بودن طعم و عطر مطلوب، ارزش غذایی و دارویی فراوان، یکی از محبوب‌ترین میوه‌ها در جهان به‌شمار می‌آید (Ferguson and Ferguson, 2003). طبق آمار فائو در سال ۲۰۱۹، میزان تولید کیوی فروت در جهان بیش از چهار میلیون تن بوده است که ایران با تولید ۳۴۴ هزار تن در رتبه چهارم تولید جهانی قرار گرفته است (FAO, 2019). این مقدار با رعایت اصول باغداری و یافته‌های تحقیقاتی کاربردی، تا حدود دو برابر قابل افزایش است. عملیات مختلف کشاورزی، عوامل ژنتیکی، شرایط قبل و پس‌ازبرداشت بر ترکیبات شیمیایی و عمر انباری کیوی‌فروت تأثیر می‌گذارند

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیاران، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان
(*- نویسنده مسئول: (Email: razavi.farhang@znu.ac.ir
۴- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات علوم زراعی- باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

DOI: 10.22067/jhs.2022.73178.1100

(Ferguson and Ferguson, 2003). تغذیه صحیح درختان از عوامل قبل‌ازبرداشت است که در افزایش عمر پس‌ازبرداشت کیوی‌فروت از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. اخیراً استفاده از انواع ترکیبات آلی به صورت محلول‌پاشی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته (Tahir *et al.*, 2011) و کشاورزی ارگانیک نیز به یکی از بخش‌های مهم تبدیل شده است (Connell *et al.*, 2012) زیرا مصرف غذاهای ارگانیک در طی ده سال گذشته به طور گسترده در سراسر جهان افزایش چشم‌گیری داشته است (Rana and Paul, 2017).

جلبک دریایی (اسکوفیلوم نودوسوم[1]) دارای محرک‌های رشد، ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها، اسیدهای ارگانیک، عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم، کلسیم و هورمون‌های گیاهی می‌باشد (Hernández-Herrera *et al.*, 2014). استفاده از محلول‌های غذایی قبل‌ازبرداشت همانند جلبک دریایی از جمله راه‌کارهایی است که باعث افزایش کیفیت و کمیت محصول تولیدی در باغ شده که در نتیجه باعث افزایش خصوصیات انباری، پس‌ازبرداشت و بازار پسندی آن می‌گردد. پژوهش‌های انجام شده نشان داده‌اند که استفاده از عصاره آبی جلبک دریایی باعث افزایش عملکرد و کیفیت میوه در نارنگی و پرتقال (Fornes *et al.*, 2002)، توت فرنگی (Masny *et al.*, 2004)، انگور و سیب (Gény *et al.*, 2007) و هندوانه (Abdel-Mawgoud *et al.*, 2010) شده است که به‌دلیل وجود مواد افزایش‌دهنده متابولیسم سلولی مانند تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی از جمله اکسین، جیبرلین و سایتوکینین و نیز اسمولیت‌های آلی مانند بتائین، اسیدهای آمینه، عنصرهای معدنی، پلی‌ساکاریدها و ویتامین‌ها در عصاره این کود زیستی می‌باشد (Gény *et al.*, 2007; Khan *et al.*, 2009; Zodape *et al.*, 2001). محلول‌پاشی عصاره تجاری آسکوفیلوم نودوسوم ۷ و ۱۴ روز قبل‌ازبرداشت در اسفناج باعث افزایش سنتز فلاونوئیدها و کیفیت تغذیه‌ای برگ اسفناج شده و عمر انباری آن را بهبود بخشید (Fan *et al.*, 2011; Fan *et al.*, 2013). جدا از عملکرد و کیفیت، استفاده از عصاره جلبک دریایی منجر به افزایش عمر پس‌ازبرداشت آووکادو و گلابی گردید (Blunden *et al.*, 1978; Kamel *et al.*, 2014). کاربرد عصاره آسکوفیلوم نودوسوم در مزرعه کلم، سیب‌زمینی و پیاز به میزان ۳ و ۱۰ لیتر در هکتار یک‌بار در ماه باعث افزایش قابل‌توجه ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها شد (Lola-Luz *et al.*, 2014). با توجه به اهمیت میوه‌های ارگانیک و عاری از سموم شیمیایی استفاده از ترکیبات طبیعی مانند عصاره جلبک قهوه‌ای یکی از روش‌های افزایش کیفیت میوه است. لذا هدف این پژوهش بررسی محلول‌پاشی برگی جلبک قهوه‌ای بر خصوصیات کیفی وکمی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کیوی فروت رقم 'هایوارد' بود.

1- *Ascophyllum nodosum*

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یک باغ تجاری واقع در شهرستان آستارا با موقعیت جغرافیایی ۳۸ درجه ۲۲ دقیقه و ۴۷/۶ ثانیه شمالی و ۴۸ درجه ۵۱ دقیقه و ۱۳/۳ ثانیه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۲۲+ متر در بهار و تابستان ۱۳۹۹ انجام شد. در پنج سال اخیر بیشترین دمای ثبت شده در این شهرستان ۳۶/۶ درجه سلسیوس (مرداد ماه) و کمترین دما ۷/۶- درجه سلسیوس (بهمن ماه) گزارش شده است. متوسط بارندگی سالانه ۱۳۸۱ میلی‌متر است. درختان کیوی‌فروت رقم هایوارد با سیستم تربیت تی بار و با فاصله ۳/۵ × ۴/۵ کشت شده بودند. تاک های کیوی فروت ۱۰ ساله هم اندازه و یکنواخت از لحاظ رشد و میزان محصول جهت محلول‌پاشی انتخاب شدند. تیمار جلبک قهوه‌ای به‌صورت محلول‌پاشی بر روی شاخه، برگ و میوه در قالب آزمایش فاکتوریل شامل فاکتور اول: غلظت جلبک قهوه‌ای در چهار سطح (صفر، ۱، ۲ و ۳ گرم در لیتر) و فاکتور دوم: زمان انبارمانی در ۴ سطح (صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از انبارمانی) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. جلبک قهوه‌ای مصرفی تولید شرکت Acadian Seaplants کانادا به صورت پودری و با قابلیت حل آسان در آب بود که محتوی عصاره جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم ۹۳/۵ درصد، نیتروژن کل ۰/۷ درصد، فسفر قابل استفاده ۰/۲ درصد، پتاسیم محلول در آب ۱۷ درصد، مواد آلی ۴۵ درصد می باشند. محلول‌پاشی در سه مرحله ۱۱۰، ۱۲۵ و ۱۴۰ روز بعد از تمام گل صورت گرفت. میوه‌ها در آبان ماه با میزان مواد جامد محلول ۶/۲–۶/۵ درصد برداشت شده و به آزمایشگاه فیزیولوژی پس‌از برداشت گروه باغبانی دانشگاه زنجان منتقل شدند. میوه‌های تیمار شده به سردخانه با دمای ۱ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰ درصد منتقل شدند و در فواصل زمانی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین به منظور ایجاد شرایطی مشابه با عمرقفسه‌ای معمول، قبل از اندازه‌گیری صفات، میوه‌ها به مدت ۳ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

صفات مورد ارزیابی

اندازه‌گیری صفات در ۴ زمان صفر (قبل از انبارمانی)، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ (روز بعد از انبارمانی) انجام شد. وزن میوه‌ها قبل از شروع انبارداری و پس از خروج از انبار با استفاده از ترازوی دیجیتال مدل (MAHAK) ساخت کشور ایران اندازه‌گیری و درصد کاهش وزن میوه‌ها محاسبه گردید. سفتی بافت میوه با استفاده از نفوذ سنج دستی مدل (OSK 1618) ساخت کشور ژاپن با قطر پروب ۸ میلی‌متر بر روی ۳ عدد میوه در هر تکرار از سه جهت و بعد از برداشتن پوست

میوه انجام شد و برحسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع بیان شد (Meng *et al*., 2007).

اندازه‌گیری مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دیجیتال مدل Atago-ATC-20(E) انجام و به‌صورت درصد بریکس بیان گردید. اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون (بر اساس غالبیت اسید سیتریک) با استفاده از تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال انجام گرفت. اسیدیته آب میوه با استفاده از pH متر دیجیتالی اندازه‌گیری شد (Rabiei *et al*., 2013).

اندازه‌گیری اسید آسکوربیک (ویتامین ث) با استفاده از ماده رنگی ۲و۶–دی‌کلروفنول‌ایندوفنل انجام گرفت و برحسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان شد (Bor *et al*., 2006).

برای اندازه‌گیری میزان فنل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی از عصاره متانولی میوه، سانتریفوژ شده به مدت ده دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه استفاده شد. محتوای فلاونوئید کل عصاره‌ها با روش ارائه شده توسط کاجو و همکاران (Kaijv *et al*., 2006) اندازه‌گیری شد. جهت به دست آوردن منحنی کالیبراسیون از کوئرستین به عنوان استاندارد استفاده شد. به‌طوری که غلظت‌های مختلف آن به جای نمونه‌ها ریخته و میزان جذب آن‌ها توسط اسپکتروفتومتر مدل (SAFAS MONACO RS 232) ساخت کشور فرانسه در طول موج ۵۰۷ نانومترخوانده شد و در نهایت مقدار فلاونوئید کل بر حسب میلی‌گرم کوئرستین بر ۱۰۰ گرم وزن تر (mg Q.100 g^{-1} FW) بیان گردید. محتوای فنل کل با استفاده از واکنش‌گر فولین سیکالتو اندازه‌گیری شد جهت به دست آوردن منحنی کالیبراسیون غلظت‌های مختلف گالیک اسید به جای نمونه‌ها ریخته و میزان جذب آن‌ها در طول موج ۷۲۰ نانومتر قرائت شد و نتایج مطابق با میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه (mg GAE.100 g^{-1} FW) بیان شد (Singleton *et al*., 1965).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره میوه‌ها از طریق خاصیت خنثی کنندگی رادیکال آزاد DPPH تعیین گردید. مقدار ۵۰ میکرولیتر از عصاره سانتریفوژ شده را به ۱۹۵۰ میکرولیتر محلول DPPH با غلظت ۰/۱ میلی مولار اضافه گردیده و سپس به سرعت هم‌زده شد و در دمای اتاق به مدت ۱۰ دقیقه در تاریکی تا رسیدن محلول به حالت یکنواخت نگهداری گردید کاهش میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین گردید. سپس ظرفیت آنتی اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH محاسبه گردید (Dehghan *et al*., 2012).

سنجش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) با استفاده از روش زاکر (Zucker, 1968) انجام شد. ابتدا ۲ گرم از بافت میوه با ۱۰ میلی‌لیتر بافر بورات سدیم با pH = ۸/۸ کوبیده شد. سپس محلول تهیه شده به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره سانتریفیوژ شده، ۲ سی‌سی بافر بورات سدیم با ۵۰۰ میکرولیتر محلول فنیل آلانین ۲۰ میلی‌مولار داخل لوله آزمایش ریخته و به مدت یک ساعت در حمام آب گرم ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده شد. فعالیت آنزیم با اندازه‌گیری میزان جذب محلول در طول موج ۲۹۰ نانومتر تعیین و بر حسب یونیت بر گرم وزن تر میوه (U.g^{-1} FW) گزارش شد.

طرح آزمایشی و تجزیه داده‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل (فاکتور اول: غلظت جلبک قهوه‌ای در چهار سطح؛ فاکتور دوم: زمان انبارمانی در چهار سطح) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار (هر تکرار حاوی یک درخت) طراحی و اجرا شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و ترسیم نمودارها به کمک نرم افزار Excel نسخه ۲۰۱۶ انجام شد.

نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت جلبک قهوه‌ای و مدت زمان انبارداری و اثر برهمکنش بین غلظت جلبک قهوه‌ای و مدت زمان انبارداری بر سفتی بافت میوه، مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، اسیدیته آب‌میوه، درصد کاهش وزن، ویتامین ث، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، فلاونوئید و فنل کل و آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

سفتی بافت میوه

مطابق نتایج مقایسه میانگین، با افزایش مدت زمان انبارمانی سفتی بافت میوه کاهش یافت و در زمان برداشت و ۳۰ روز پس از انبارمانی بیشترین میزان سفتی در تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای ۳ گرم در لیتر و کمترین میزان سفتی بافت در تیمار شاهد مشاهده شد و در زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز میوه‌های تیمار شده با غلظت‌های مختلف جلبک قهوه‌ای، بدون اختلاف معنی دار نسبت به یکدیگر، بطور معنی داری دارای سفتی بیشتر نسبت به شاهد بودند (شکل ۱). این کاهش سفتی بافت میوه در نتیجه فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده دیواره سلولی نظیر پلی‌گالاکتوروناز، پکتین متیل استراز و بتاگلوکوزیداز است که همه این آنزیم‌ها پکتین را مورد هدف قرار می‌دهند (Perkin-Veazie, 1995). تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای به‌طور مؤثری موجب کند شدن فرآیند نرم شدن بافت میوه نسبت به تیمار شاهد در طی دوره انبارمانی شد. محتوی عصاره جلبک دریایی حاوی ۹۳/۵ درصد از جلبک آسکوفیلوم نودوزوم است. جلبک قهوه‌ای به عنوان یک ماده خام حاوی طیف متنوعی از ترکیبات آلی و غیر آلی هستند. عناصر معدنی عصاره آسکوفیلوم نودوزوم شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم،

کلسیم، آهن، منیزیم، روی،سدیم و گوگرد هستند (Rayorath *et al*., 2009). که محلول‌پاشی تاج درخت باعث جذب عناصر توسط گیاه می‌شود که به بافت‌ها و میوه‌ها منتقل می‌شود. لذا سفتی بیشتر بافت میوه‌های تیمارشده با جلبک قهوه‌ای احتمالا بـه دلیل بـه‌دلیـل در دسترس بودن کلسـیم موجود در خود عصاره جلبک قهوه‌ای باشد و از طریق افزایش جذب کلسـیم و انتقال آن به میوه‌ها باعـث سـفتی و اسـتحکام بافـت میوه شود (GhaffariZadeh *et al*., 2015). سفتی بافت میوه یکی از شاخصه‌های مهم در عمر انباری میوه، فرآوری میوه و بازارپسندی محصول می‌باشد که بر پذیرش مصرف کننده تـأثیر می گذارد. بافت میوه توسط ترکیب دیواره سلولی، فشار سـلولی، آنـاتومی سلولی و محتوای آب سلولی تعیین می‌شود (Olivas *et al*., 2009). نرم شدن بافت میوه می‌تواند به‌دلیل افزایش فعالیت درونی آنزیم‌هـا و درنهایت تخریب دیـواره سـلولی باشـد (Zivanovic *et al*., 2009). کلسیم در ساخت لایه میانی سلولی که از جنس پکتات کلسـیم اسـت نقش اساسی دارد و به عنوان یک عامل متصل کننده بین ملکولی در تثبیت کمپلکس پکتین-پروتئین تیغه میانی شناخته شده است. کلسیم با جلوگیری از فرآیند حلالیت و کاهش آن باعث کاهش میزان نرمـی بافت می‌گردد. این عنصر با استقرار در دیواره سلولی به عنوان اتصـال دهنده بین ملکولی کـه بـه ترکیبـات تیغـه میـانی ثبـات مـی‌بخشـد، ساختمان دیواره سلولی رو حفظ می‌کنـد. از سـویی کلسـیم سـاختار و وظایف غشای سلولی را تحت تـأثیر قرار می‌دهد و بـا متصـل کـردن پروتئین‌های دارای نقش آنزیمی و غیرآنزیمی به فسفولیپیدهای غشاء سلولی ایفای نقش کرده بدین ترتیب از فعالیت آنزیم‌های تولیدکننـده اتیلن که ساختار پروتئینی داشته و به غشای سـلولی متصـل هسـتند، می‌کاهد. در نهایت با تولید کمتر اتیلن، کـه تحریـک کننـده فعالیـت آنزیم‌های هیدرولیزکننده دیواره یاخته‌ای اسـت دیـواره سـلولی کمتـر تخریب شده و میوه‌های حاوی کلسیم سفت باقی می‌ماننـد. بنـابراین کلسیم با قرار گرفتن در دیواره سلولی و نیـز کـاهش تولیـد اتـیلن در حفظ سفتی بافت میوه نقش خود را ایفا مـی‌کنـد (Babalar *et al*., 1999). نتـایج مطالعـه حاضـر بـا نتـایج آزمـایش (Sridhar *et al*., 2010) درباره تاثیر محلول‌پاشی عصاره جلبـک دریـایی در افـزایش سفتی بافت و کیفیت میوه در بادام زمینـی و همچنین با نتایج آزمایش (Melo *et al*., 2018) در بررسی تاثیر محلـول‌پاشـی میـوه انبـه بـا عصاره *A. nodosum* که باعث افزایش سفتی و کیفیـت بافـت میـوه های انبه در مدت انبارمانی شد، مطابقت داشت.

مواد جامد محلول کل

اثر متقابل محلول پاشی جلبک قهوه‌ای × مـدت انبارمـانی نشـان داد که با افزایش زمان انبارمانی میزان مواد جامد محلول کل افـزایش یافت (شکل ۲). بیشترین میزان مـواد جامـد محلـول (۱۳/۲۶ درصـد بریکس) در میوه‌های تیمار شده با عصاره جلبـک قهـوه‌ای ۳ گـرم در لیتر در ۹۰ روز پس از انبارمانی و کمترین مقدار (۶/۳ درصد بـریکس) در میوه‌های تیمار شده با شاهد در زمان برداشت مشاهده گردید.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تـأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر صفات ارزیابی شده میوه کیوی رقم 'هایوارد' طی دوره انبارمانی

Table 1- The ANOVA for the effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on evaluated characteristics of kiwifruit cv. 'Hayward'during storage period

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares				
		مواد جامد محلول کل TSS	اسید قابل تیتراسیون TA	سفتی بافت Firmness	کاهش وزن Weight loss	اسیدیته pH
Block بلوک	2	0.081ns	0.082ns	0.003ns	0.001ns	0.004ns
غلظت جلبک قهوه‌ای Concentration of brown algae (CBA)	3	60.137**	0.222**	1.911**	74.83**	0.162**
زمان انبارمانی Storage time (ST)	3	9.047**	0.200**	1.827**	4.181**	0.052**
CBA×ST	9	0.340**	0.003**	0.083**	1.92**	0.002**
خطا Error	32	0.081	0.004	0.005	0.001	0.001
ضریب تغییرات C.V (%)		48.1	3.85	1.89	0.01	0.84

ns و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns: Non-Significant, ** and *: significant at 0.01 and 0.05 of probability levels, respectively

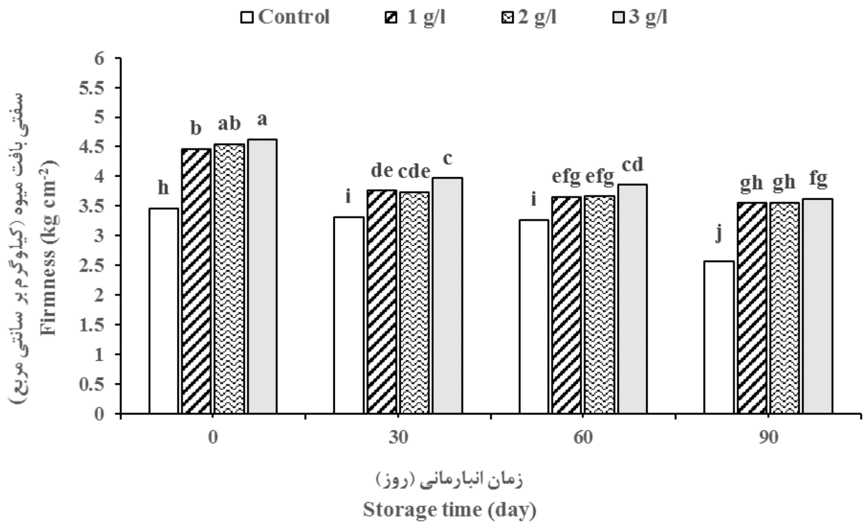
ادامه جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تـأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر صفات ارزیابی شده میوه کیوی رقم 'هایوارد' طی دوره انبارمانی

Continued Table 1- The ANOVA for the effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on evaluated characteristics of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares				
		ویتامین ث Vitamin C	فلاونوئید کل Total flavonoid	آنتی‌اکسیدان کل Antioxidant capacity	فنل کل Total phenol	آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز PAL
Block	2	2.75^{ns}	0.024^{ns}	0.004^{ns}	1.266^{ns}	5.548^{ns}
غلظت جلبک قهوه‌ای Concentration of brown algae (CBA)	3	1981.34^{**}	29.96^{**}	615.13^{**}	1502.61^{**}	639.28^{**}
زمان انبارمانی Storage time (ST)	3	1255.36^{**}	23.22^{**}	1587.33^{**}	635.33^{**}	2832.03^{**}
CBA×ST	9	74.62^{**}	1.95^{**}	8.15^{**}	92.67^{**}	23.34^{**}
خطا Error	32	3.10	0.014	0.03	4.49	4.42
ضریب تغییرات C.V (%)		2.83	2.02	0.22	5.31	5.77

ns و * به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

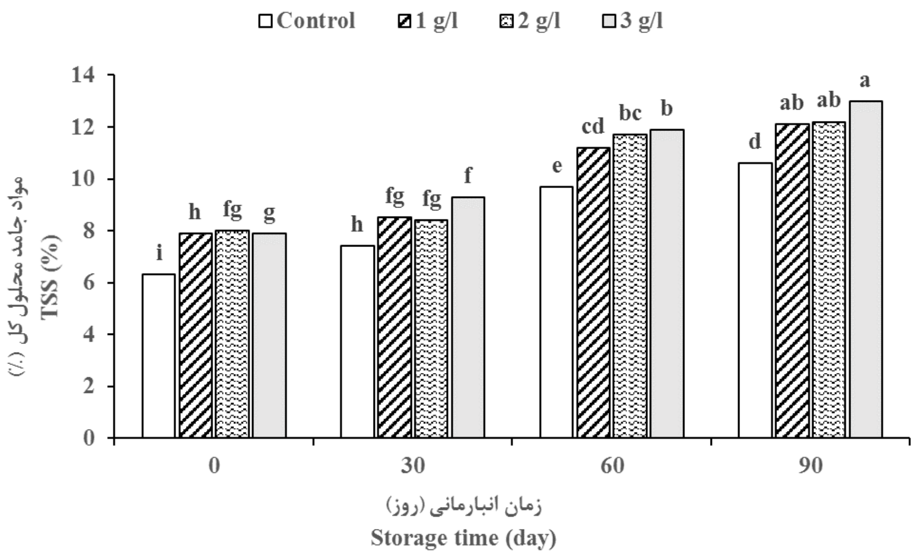
ns: Non-Significant, ** and *: significant at 0.01 and 0.05 of probability levels, respectively



شکل ۱- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر سفتی بافت میوه کیوی رقم 'هایوارد' در طول مدت انبارمانی

Figure 1- The effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on firmness of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p \leq 0.05$)

میزان مواد جـامـد محلول در میوه از فاکتور های مهـم و تعیـین کننده کیفیت میوه‌ها، به‌ویژه کیوی‌فروت است. افـزایش میـزان مـواد جامد محلول کل به‌دلیل افزایش جذب عنصر پتاسیم و نیتروژن اسـت که این عناصر پتاسیم و نیتروژن نقش مهمـی در افـزایش فتوسـنتز و همچنین افزایش کربوهیدارت ذخیره‌ای برگ و انتقال به میـوه اسـت که هنگام انبارمانی به‌دلیل تنفس و فعالیت آنزیم‌هـای تجزیـه کننـده دیواره سلولی (Rahemi *et al.*, 2008) ، تسریع در روند تجزیه پلـی ساکاریدها و غلـیظ شـدن عصـاره میـوه (Vargas *et al.*, 2008) و افزایش فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سنتاز (SPS) در بیوسنتز ساکاروز باعث افزایش مقدار مواد جامد محلول در میوه‌های کیوی تیمـار شـده می‌باشد (Tavarini *et al.*, 2008) می‌شود. نتـایج ایـن آزمـایش بـا نتایج (Javanmardi *et al.*, 2013) بر روی گوجه گیلاسی که بیان کردند محلول‌پاشی میوه با عصاره جلبک دریایی باعث افزایش میـزان مواد جامد محلول کل بافت میوه شد، مطابقت دارد.

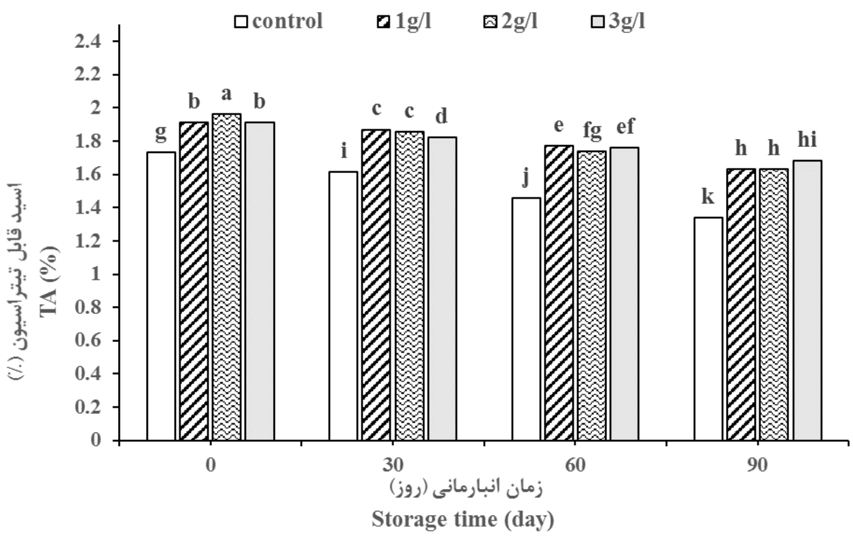


شکل ۲- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر مواد جامد محلول کل میوه کیوی فروت رقم 'هایوارد' در طول مدت انبارمانی

Figure 2- The effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on fruit total soluble solid of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, *p≤0.05*)

اسید قابل تیتراسیون

مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش مدت انبارمانی میزان اسید قابل تیتراسیون کاهش یافت که بیشترین میزان اسید قابل تیتراسیون در ابتدای انبارمانی اندازه‌گیری شد اما پس از ۹۰ روز انبارمانی، میزان اسید قابل تیتراسیون کاهش یافت (شکل ۳). بیشترین میزان اسید قابل تیتراسیون (۱/۹۶ درصد) در تیمار جلبک قهوه‌ای با غلظت ۲ گرم در لیتر در زمان برداشت و کمترین مقدار (۱/۳۴ درصد) در پایان ۹۰ روز انبارمانی در تیمار شاهد بود. تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای با تأثیر مثبت بر روی میوه‌های تیمار شده مانع از افزایش تنفس سلولی و تأثیر بر چرخه کربس مانع کاهش اسید سیتریک می‌شود که اسید غالب میوه کیوی است (Kamel, 2014).



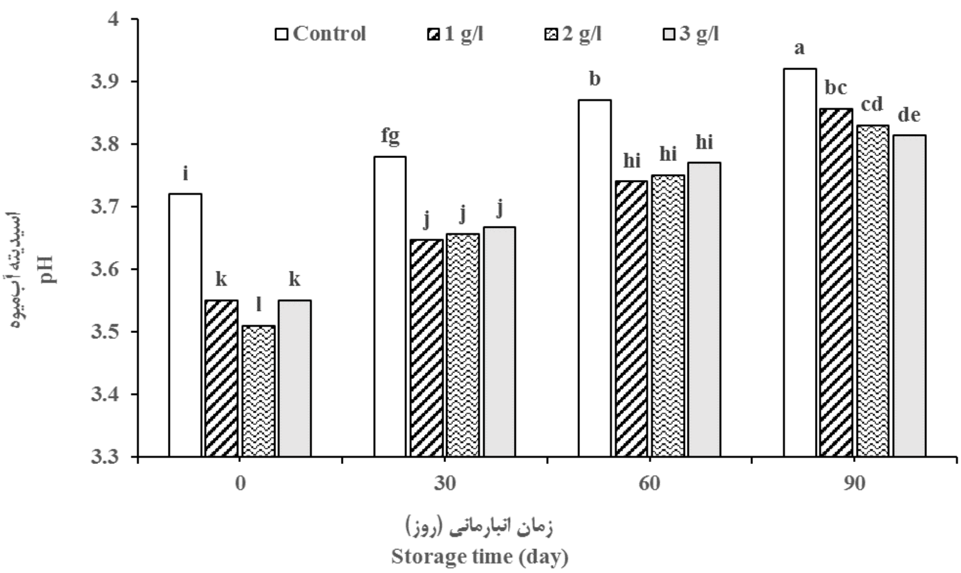
شکل ۳- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر درصد اسید قابل تیتراسیون میوه کیوی فروت رقم 'هایوارد' در طول مدت انبارمانی

Figure 3- The effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on fruit titratable acid of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, *p≤0.05*)

کاهش اسید قابل تیتراسیون در طول دوره انبارداری مربوط به استفاده از اسیدهای آلی به عنوان مواد اولیه سوخت و ساز و افزایش درصد مواد جامد محلول در طی انبارداری مرتبط است (Martinez. Romeroe et al., 2002). به نظر می‌رسد افزایش شدید تنفس در میوه‌های تیمار نشده باعث مصرف اسیدهای آلی میوه و کاهش اسید قابل تیتراسیون می‌شود. مقدار اسیدهای آلی در طول دوره برداشت میوه به مواد جامد قابل حل و هم‌چنین سرعت تجزیه اسیدها بستگی دارد. تجزیه اسیدهای آلی در طی رسیدن میوه به سرعت تنفس وابسته می‌باشد، چون این اسیدها در فعالیت آنزیمی تنفس به کار می روند (Nafussi et al., 2001). از آنجا که اسیدهای آلی به عنوان سوبسترا برای واکنش‌های آنزیمی تنفس به کار می‌روند، انتظار می رود طی دوره پس‌ازبرداشت اسید قابل تیتراسیون میوه کاهش و مقدار pH آن افزایش یابد (Qadir and Hashinaga, 2001). مطابق با نتایج پژوهش‌های پیشین، کاهش در میزان اسیدهای آلی در اثر تیمار جلبک دریایی در گوجه‌فرنگی گلخانه‌های مشاهده شد(Javanmardi et al, 2013).

اسیدیته آب‌میوه

مطابق با نتایج مقایسه میانگین داده‌ها با افزایش مدت انبارمانی pH میوه افزایش یافت. در تیمار شاهد به‌دلیل افزایش سرعت تنفس مقدار افزایش pH بیشتر بود. بیشترین مقدار pH (۳/۹۲) در تیمار شاهد در پایان ۹۰ روز انبارمانی و کمترین مقدار pH (۳/۵۱) در تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای ۲ گرم در لیتر در زمان برداشت میوه مشاهده شد (شکل ۴). کاهش pH باعث تجمع غلظت‌های بالای اسید سیتریک در میوه می‌شود. پس از طی دوره‌ی نمو میوه و در طول دوره‌ی انبارمانی که کمی هم شرایط بی‌هوازی در میوه حاکم می‌شود، خروج یون سیترات با سه بار منفی از واکوئل همراه با ورود سه یون هیدروژن، باعث بیشتر اسیدی شدن واکوئل گردد، اما افزایش pH مشاهده شده، نشان می‌دهد که یک دفع کننده یون هیدروژن از واکوئل در میوه‌های بالغ در طول دوره‌ی زندگی پس‌ازبرداشت آنها وجود دارد. پمپ V-ATPase با انتشار یون هیدروژن به بیرون باعث افزایش pH عصاره میوه می‌شود (Taiz et al, 2015)



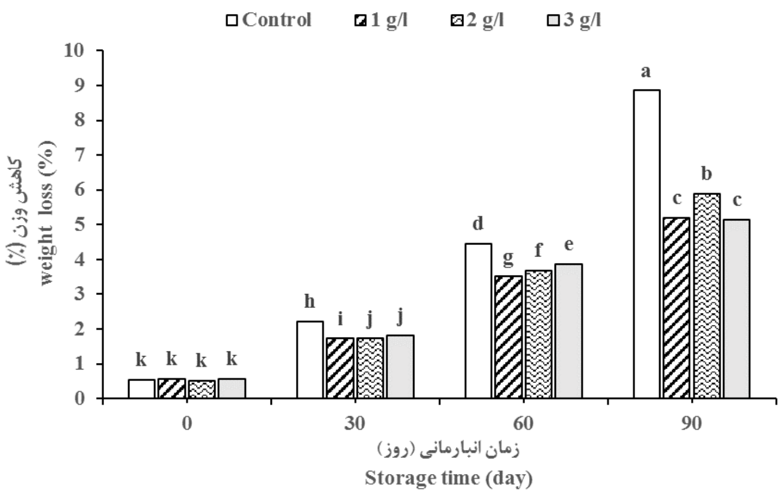
شکل ٤- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر اسیدیته آب‌میوه کیوی فروت رقم 'هایوارد' در طول مدت انبارمانی

Figure 4- The effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on fruit juice acidity of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p\leq0.05$)

به نظر می‌رسد افزایش pH در طول مدت انبارمانی به‌واسطه شکسته شدن و تجزیه اسیدهای آلی در فرآیند تنفس باشد. نتایج تأثیر عصاره جلبک دریایی بر صفت اسیدیته عصاره گوجه فرنگی نشان داد که این زیست محرک می تواند باعث افزایش میزان اسیدیته در عصاره میوه گوجه فرنگی شود (Lai et al, 2007). پیش از این (Javanmardi et al., 2007) تأثیر عصاره جلبک دریایی را در افزایش اسیدیته گوجه فرنگی گلخانه ای رقم چری گزارش نمودند که نتایج این آزمایش با نتایج آنها مطابقت داشت.

درصد کاهش وزن

مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد با افزایش زمان انبارمانی درصد کاهش وزن افزایش یافت. پس از ۹۰ روز نگهداری میوه در انبار کمترین درصد کاهش وزن (۵/۱۹ و ۵/۱۵ درصد) به‌ترتیب در تیمار ۱و ۳ گرم در لیتر عصاره جلبک قهوه‌ای و بیشترین درصد کاهش وزن (۸/۸۶ درصد) در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۵). وزن یکی از پارامترهای کیفی مهم در طی انبارداری میوه‌ها و سبزی‌های تازه می باشد. کاهش وزن یکی از پارامترهای نامطلوب پس‌ازبرداشت بوده که تأثیر زیادی در کاهش کیفیت و ارزش اقتصادی محصولات تازه انباری دارد. هرچه میزان کاهش وزن در انبار کمتر باشد از لحاظ اقتصادی نگهداری میوه‌ها مقرون به صرفه می‌باشد. کاهش وزن عمدتاً به‌دلیل از دست دادن آب و تنفس بالای میوه می‌باشد. میوه هایی که آب خود را بیش از حد از دست دهند از بازارپسندی و مشتری پسندی کمتری برخوردار هستند از این رو تلاش برای حفظ خصوصیات اولیه‌ی میوه‌ها در انبارها و سردخانه‌ها از موارد مهم می باشد (Zarbakhsh *et al*, 2017). گزارش‌ها نشان می‌دهد از آن جایی که کاهش وزن عمدتا به دلیل تبخیر آب از سطح بافت گیاه بر اثر تعرق و تنفس میوه است، در نتیجه هر عاملی که بتواند از تنفس و تعرق جلوگیری کند، سبب کاهش از دست دادن وزن میوه می‌شود. سرعت از دست‌دهی آب بافت میوه به اختلاف فشار بخار بین بافت میوه و اتمسفر هوای محیط و دمای محیط بستگی دارد. از دست دادن آب‌میوه در اثر تعرق در طی انبارمانی می‌باشد که بستگی زیادی به طول دوره انبارمانی و دمای انبار دارد (Rab *et al*., 2015). کاربرد عصاره جلبک دریایی باعث جلوگیری از کاهش وزن میوه کیوی در طی انبارمانی در مقایسه با شاهد گردید. مشابه این نتایج را عمر و همکاران (Omar *et al*., 2014) و فان و همکاران (Fan *et al*., 2013) گزارش کردند که عصاره جلبک‌های قرمز و سبز به‌صورت یک ترکیب طبیعی ضد تعرق مانع از خروج آب و در نتیجه منجر به جلوگیری از کاهش وزن میوه در مدت انبارمانی و حفظ کیفیت میوه می‌شود. از ترکیبات اصلی جلبک قهوه‌ای آلژینات است. آلژینات نمک آلژینیک اسید بوده و پلی‌ساکارید ساختاری و اصلی جلبک‌های قهوه ای می‌باشد. این صمغ کوپلیمری خطی از D- مانورونیک اسید و L- گولورونیک اسید است (Guerreiro *et al*., 2014; Khan *et al*., 2009). آلژینات به خوبی به سطح محصول چسبیده و یک لایه نیمه نفوذپذیر ایجاد می‌کند و تعرق میوه را کاهش می‌دهد (Ghasemi *et al*., 2016).



شکل ۵- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر درصد کاهش وزن میوه کیوی فروت رقم ’هایوارد‘ در طول مدت انبارمانی

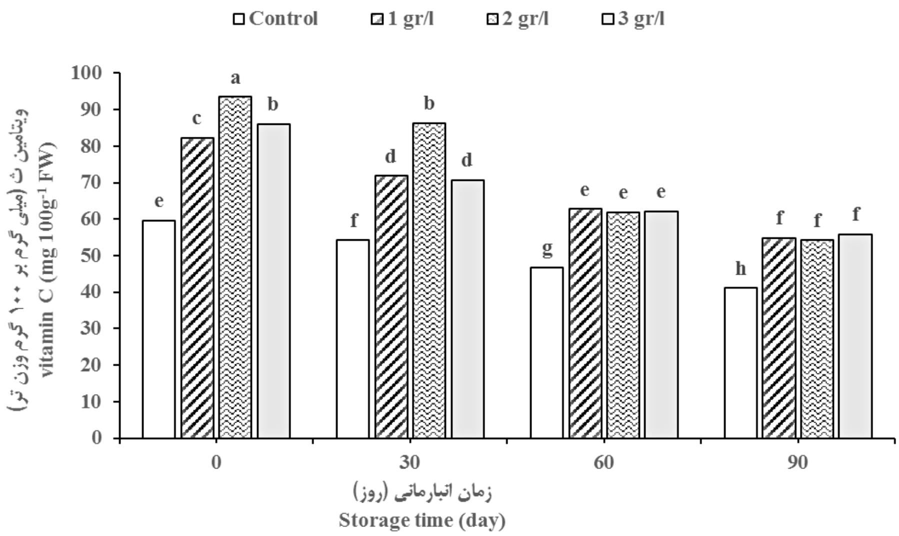
Figure 5- The effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on fruit weight loss of kiwifruit cv. ‘Hayward’ during storage period (DMRT, $p \leq 0.05$)

ویتامین ث

با افزایش مدت انبارمانی مقدار ویتامین ث کاهش یافت. تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای از کاهش بیشتر ویتامین ث به‌طور مؤثری جلوگیری کرد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد کمترین ویتامین ث (۴۱/۰۹ میلی‌گرم بر صد گرم وزن تر) در تیمار شاهد در ۹۰ روز پس از انبارمانی و بیشترین ویتامین ث (۹۳/۴۷ میلی‌گرم بر صد گرم وزن تر) در تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای در غلظت ۲ میلی‌گرم بر لیتر در زمان برداشت مشاهده شد و در این غلظت میزان ویتامین ث میوه در طی یک ماه دوره انبارمانی در بالاترین حد بود (شکل ۶).

ویتامین ث ترکیبی زیست فعال (بیواکتیو) است که خواص پاداکسندگی دارد (Latta, 2002) و به‌طور عمده به‌عنوان شاخص

کیفیت تغذیه‌ای میوهٔ شناخته می‌شود. کاهش میزان ویتامین ث احتمالا به علت اکسیداسیون برگشت ناپذیر دی هیدرو اسکوربیک اسید به ۲، ۳ دی کتوگلونیک اسید می‌باشد. دماهای پایین به‌طور غیرمستقیم از طریق سنتز قندهای احیاشونده و غیراحیاشونده موجب تحریک سنتز ویتامین ث می‌شود (Jahangir *et al.*, 2009). به طوری که در این شرایط آزاد شدن گلوکز، گالاکتوز و گالاکتورونیک اسید (پیش نیازهای سنتز اسید آسکوربیک) باعث حفظ یا افزایش اسید آسکوربیک در میوه می‌شود (Barata-Soares *et al.*, 2004). ویتامین ث به‌عنوان یک نوع اسید آلی در میوه‌ها با آغاز فرایند پیری به‌سرعت در واکنش تنفسی مصرف می‌شود. ویتامین ث ترکیبی ناپایداری است که در طی انبارمانی با توجه به شرایط نگهداری مانند اکسیژن، نور و همچنین فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز کاهش می‌یابد (Plaza *et al.*, 2011; Plaza *et al.*, 2011). نتایج این آزمایش با نتایج آزمایش کاربرد عصاره جلبک دریایی بر روی گوجه فرنگی که میزان ویتامین ث را افزایش داد یکسان بود (Javanmardi *et al.*, 2013).



شکل ٦- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر میزان ویتامین ث میوه کیوی فروت رقم 'هایوارد' در طول مدت انبارمانی

Figure 6- The effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on fruit vitamin C content of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p \leq 0.05$)

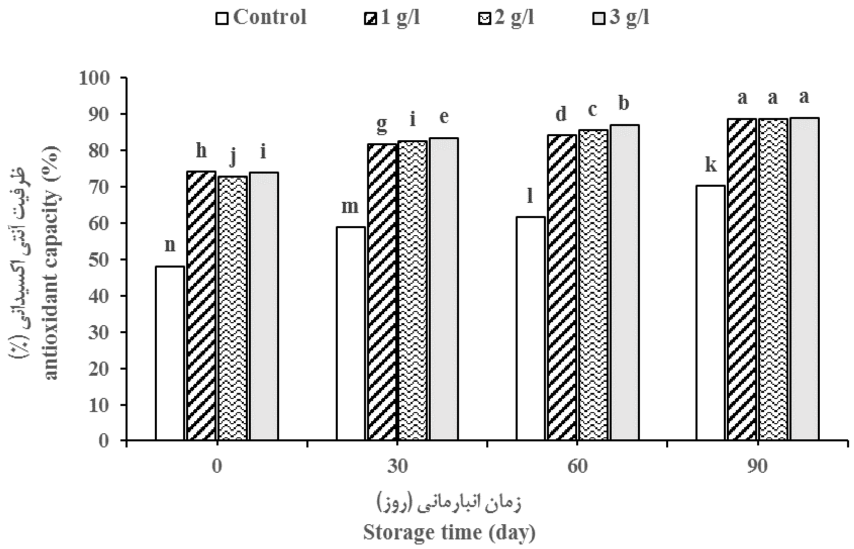
ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش مدت انبارمانی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه افزایش یافت. کمترین ظرفیت آنتی اکسیدانی (۴۸/۱۴ درصد) در تیمار شاهد در زمان برداشت و بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۸۸/۸۱، ۸۸/۷۳ و ۸۹/۰۲ درصد) در ۹۰ روز پس انبارمانی در تمام غلظت‌های عصاره جلبک قهوه‌ای مشاهده شد (شکل ۷). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها و سبزی‌ها به خاطر وجود ترکیبات آنزیمی مثل آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و همچنین ترکیبات غیرآنزیمی شامل ویتامین ث، ترکیبات فنلی و کارتنوئیدها می‌باشد و سیستم آنتی‌اکسیدانی باعث جلوگیری از اثرات پر خطر رادیکال‌های آزاد می‌شود (Zhaoliang *et al.*, 1998).

عواملی مانند تنش‌ها و پیری باعث تولید رادیکال‌های آزاد می شوند که سلول‌های میوه برای حذف رادیکال‌های آزاد از آنتی‌اکسیدان ها کمک می‌گیرند. افزایش اکسیژن فعال و رادیکال‌های آزاد در طی فرآیند رسیدن میوه‌ها در اثر تنفس سلولی، متابولیسم اکسیداتیو که در میوه‌ها به‌خصوص میوه‌های فرازگرا صورت می‌گیرد می‌تواند موجب ایجاد خسارت به غشاهای زیستی گردد.

برای جلوگیری از ایجاد خسارت توسط رادیکال‌های آزاد، سلول‌ها از استراتژی جالبی بهره می‌گیرند که توسط سیستم آنتی‌اکسیدانی می باشد (Spinardi, 2005). مشابه این آزمایش Soleimani و همکاران (Soleiman *et al.*, 2016) نشان دادند که عصاره موجود در جلبک دریایی و غلظت آنها، تأثیر معنی‌داری بر روی مهار رادیکال آزاد DPPH داشتند. زانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2011) بیان داشتند که، DPPH یک رادیکال آزاد پایدار است که به طور گسترده‌ای به‌عنوان ابزاری جهت تخمین مهار رادیکال آزاد

توسط ضداکسیدان‌ها به کار برده می‌شود. فیتوالکسین از ترکیبات مهم موجود در عصاره جلبک شناخته شده که می‌توان به آثار ضد سرطانی و آنتی‌اکسیدانی و نقش آنها در خنثی کردن رادیکال‌های آزاد اشاره کرد (Zodape, 2001). مطالعات نشان می‌دهد که پلی ساکاریدهای سولفاته در جلبک‌های دریایی قابلیت آنتی‌اکسیدانی قابل ملاحظه‌ای دارند. این ترکیبات باعث القا پاسخ‌های دفاعی در گیاهان می‌شود. لامینارین موجود در عصاره جلبک دریایی به‌دلیل تحریک تولید تنظیم کننده مهم رشد و ترکیبات ضد قارچی فیتوالکسین و تولید آنزیم‌های هیدرولیزکننده مانند کیتیناز و گلوکاناز بر روی سیستم دفاعی گیاهان اثر مثبتی می‌گذارد که در این مورد می‌توان محافظت از گیاه را از نقش‌های مهم عصاره جلبک دریایی دانست (Cai *et al.*, 2006). محققین بیان کردند که ماکروجلبک‌های دریایی (جلبک‌های قرمز، قهوه‌ای و سبز) نیز به عنوان منابع غنی از آنتی‌اکسیدان‌های مختلف مثل پلی‌فنل هستند که می‌توانند نقش مهمی در پیشگیری از اکسیداسیون به‌عمل آورند (Cho *et al.*, 2011).



شکل ۷- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر درصد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه کیوی فروت رقم 'هایوارد' در طول مدت

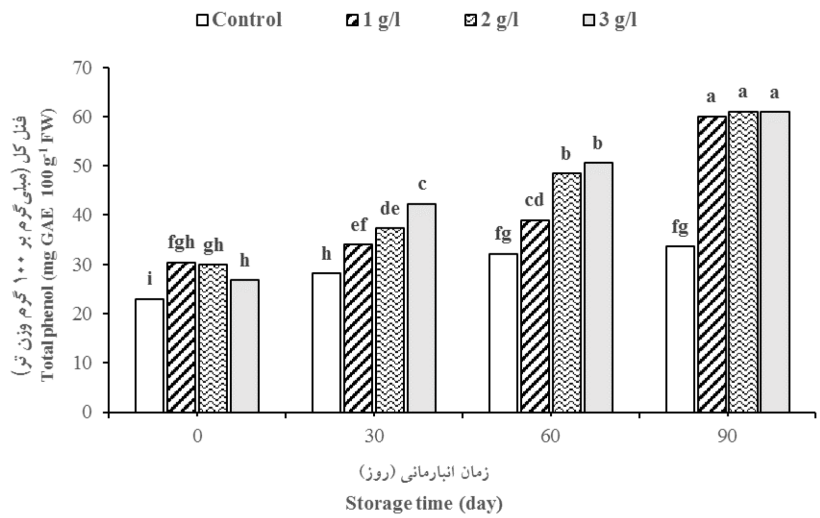
Figure 7- The effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on fruit antioxidant capacity (%) of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p≤0.05$)

فنل و فلاونوئید کل

مطابق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، با افزایش مدت انبارمانی میزان فنل و فلاونوئید کل افزایش یافت. کمترین میزان فنل (۲۳ میلی‌گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) در تیمار شاهد در زمان برداشت و بیشترین فنل کل در ۳ سطح تیمار عصاره جلبک قهوه‌ای در ۹۰ روز پس از انبارمانی مشاهده شد (شکل ۸). کمترین میزان فلاونوئید (۳/۰۹ میلی‌گرم کوئرستین بر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) در تیمار شاهد در زمان برداشت و بیشترین میزان فلاونوئید در تیمار۳ گرم در لیتر عصاره جلبک قهوه‌ای (۸/۸۸ میلی‌گرم کوئرستین بر ۱۰۰ گرم وزن تر میوه) در ۹۰ روز پس انبارمانی مشاهده شد (شکل ۹). ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی به طور گسترده در گیاهان وجود دارند و فعالیت آنتی‌اکسیدانی از خود نشان می‌دهند. جلبک قهوه‌ای باعث تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی میوه می‌شود و از این طریق رادیکال های آزاد اکسیژن را مهار می‌کند (Awad *et al.*, 2017). از آنجا که عصاره جلبک قهوه‌ای سرشار از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی است می‌تواند با تأثیر بر دیواره سلولی کیوی‌فروت مانع از فعالیت رادیکال‌های آزاد در میوه‌های تیمار شده گردد. نتایج این آزمایش با نتایج مطالعه Fan (*et al.*, 2011) درباره تأثیر کاربرد قبل‌ازبرداشت عصاره (*Ascophyllum nodosum*) در افزایش میزان فنل و فلاونوئید کل در گیاه اسفناج مطابقت داشت.

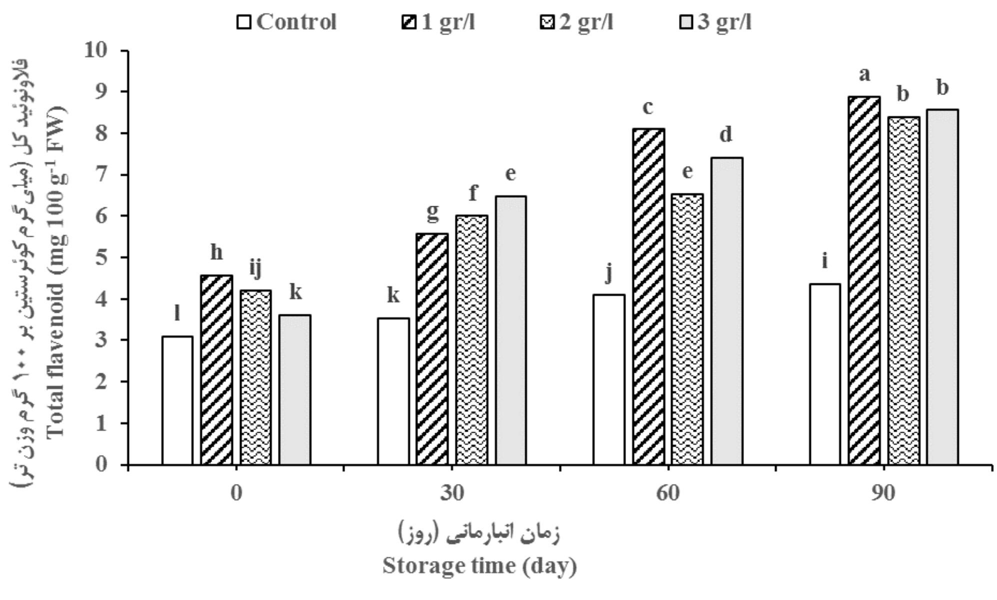
آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز

نتایج مقایسه میانگین حاصل از اندازه‌گیری داده‌ها، روند افزایشی را در میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز طی دوره انبارمانی کیوی‌فروت نشان داد. کمترین میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در تیمار شاهد (۶/۸۳ یونیت بر گرم وزن تر) و بیشترین میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در تیمار ۳ گرم در لیتر جلبک قهوه‌ای (۵۹/۵۳ یونیت بر گرم وزن تر) پس از ۹۰ روز پس انبارمانی مشاهده شد. تیمار ۳ گرم در لیتر جلبک قهوه‌ای دارای میزان فعالیت بالاتری نسبت به سایر غلظت‌ها بود (شکل ۱۰).



شکل ۸- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر محتوی فنل کل میوه کیوی فروت رقم 'هایوارد' در طول مدت انبارمانی

Figure 8- The effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on fruit total penole of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p \leq 0.05$)



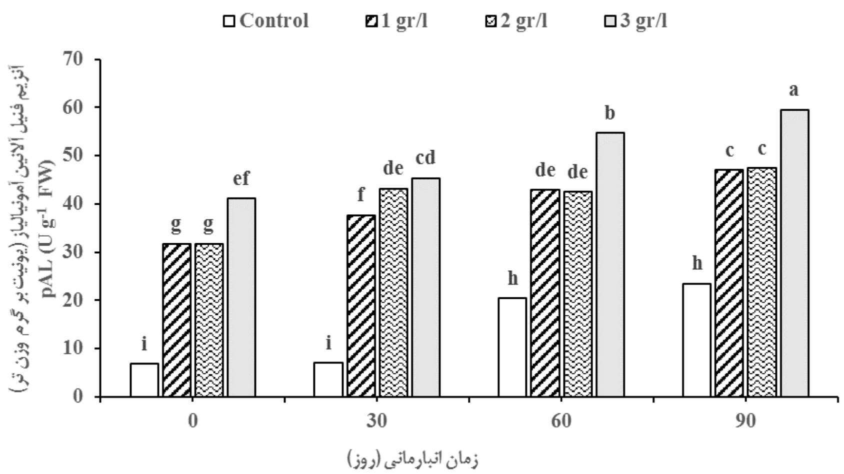
شکل ۹- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر محتوی فلاونوئید کل میوه کیوی فروت رقم 'هایوارد' در طول مدت انبارمانی

Figure 9- The effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on fruit total flavonoid content of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p \leq 0.05$)

آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز به عنوان آنزیم کلیدی در متابولیسم فنیل پروپانوئید تبدیل فنیل آلانین به ترانس سینامیک اسید را کاتالیز می‌نماید که اولین مرحله در بیوسنتز فنیل پروپانوئیدها بوده و منجر به تولید متابولیت‌های ثانویه مانند لیگنین، فیتوالکسین‌ها و فلاونوئیدها می‌گردد. در واقع آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز به عنوان آنزیم حدواسط متابولیسم اولیه (مسیر اسید شیکمیک) و متابولیسم ثانویه (مسیر فنیل پروپانوئید) محسوب می‌گردد (Dixon and Paiva, 1995; Strack, 1997). ارتباط مستقیم و مثبت میزان این آنزیم با سنتز فنل‌ها و فلاونوئیدها در میوه‌های پرتقال خونی، توت‌فرنگی (Olsson *et al*., 2004) و بلوبری (Wang *et al*., 2009) گزارش شده است.

مشابه با یافته‌های این پژوهش افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز سنتز و تجمع ترکیبات فنلی را افزایش می‌دهد که این

ترکیبات با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، گیاهان را در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده مقاوم می‌کند (Eraslan *et al.*, 2007). نکته جالب توجه در این پژوهش شبیه بودن روند تغییرات میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز و سنتز فلاونوئیدها بود. از آنجایی که آهن کوفاکتور یا جز ساختاری بسیاری از آنزیم‌های دخیل در متابولسم سلولی، بیوسنتر، پیوندشدگی و یا تجزیه شدن در مسیرهای مختلف واکنش‌های سلولی (Curie *et al.*, 2008) است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در سه مرحله باعث افزایش جذب آهن و در نتیجه جذب آهن باعث افزایش چشمگیر میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز گردید که به دنبال آن تولید و تجمع متابولیت‌هایی نظیر فلاونوئیدها و فنل‌ها نیز تحت تأثیر فعالیت این آنزیم افزایش یافتند.



شکل ۱۰- تأثیر عصاره جلبک قهوه‌ای بر فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز میوه کیوی فروت در طول مدت انبارمانی

Figure 10- The effect of seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract on fruit PAL activity of kiwifruit cv. 'Hayward' during storage period (DMRT, $p \leq 0.05$)

نتیجه‌گیری

جلبک قهوه‌ای یکی از ترکیبات طبیعی و سازگار با سلامت انسان و طبیعت دارای ارزش دارویی و غذایی است که می‌تواند موجب افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت میوه در پس‌ازبرداشت شود. به‌طور خلاصه می‌توان بیان کرد که محلول‌پاشی عصاره جلبک قهوه‌ای اثر معنی‌داری بر سفتی بافت میوه، مقدار مواد جامد محلول کل، اسید کل، ویتامین ث، فنل و فلاونوئید کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل و آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز داشت. به‌طورکلی، تیمارهای محلول‌پاشی شده با عصاره جلبک قهوه‌ای اثرات مثبتی بر صفات اندازه‌گیری شده داشتند و تغییراتی از قبیل کاهش آسکوربیک اسید، سفتی و اسید کل را که در طی دوره انبارمانی کیوی فروت مطرح هستند، تقلیل دادند. از بین غلظت‌های مورد استفاده در این آزمایش غلظت ۳ گرم در لیتر بیشترین تأثیر را در میزان اسیدهای کل، ویتامین ث، سفتی میوه و مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل، فنل و فلاونوئیدها کل و آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز داشتند بنابراین به‌عنوان تیمار مناسب برای کیوی رقم هایوارد معرفی می‌گردد. با توجه به افزایش عمر انبارمانی و افزایش کیفیت و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه کیوی فروت، محلول‌پاشی عصاره جلبک قهوه‌ای توصیه می‌شود.

منابع

1. Abdel-Mawgoud, A.M.R., Tantaway, A.S., Magda, M.H., & Hoda, A.M. (2010). Seaweed extract improves growth, yield and quality of different watermelon hybrids. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 6*(2): 161–168.
2. Awad, M.A., Al-Qurashi, A.D., Mohamed, S.A., & Elsayed, M.I. (2017). Postharvest chitosan, trans-resveratrol and glycine betaine dipping affect quality, antioxidant compounds, free radical scavenging capacity and enzymes activities of 'Sukkari'bananas during shelf life. *Scientia Horticulturae* 219: 173-181. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.046.
3. Babalar, M., Dolati Baneh, A., & Honorable, D. (1999). Investigation of post-harvest effect of calcium chloride on

storage quality of two cultivars of seedless Keshmeshi and Shahroodi. *Seed and Plant Journal 15*(1): 31-40.

4. Barata-Soares, A.D., Gomez, M.L., Mesquita, C.H.D., & Lajolo, F.M. (2004). Ascorbic acid biosynthesis: a precursor study on plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology 16*(3): 147-154. https://doi.org/10.1590/S1677-04202004000300004.
5. Blunden, G., Jones, E.M., & Passam, J.C. (1978). Effects of postharvest treatment of fruit and vegetables with cytokinin-active seaweed extract and kinetin solutions. *Journal of Botanica Marina 21*(4): 237–240. https://doi.org/10.1515/botm.1978.21.4.237.
6. Bor, J.Y., Chen, H.Y., & Yen, G.CH. (2006). Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 54: 1680–1686. https://doi.org/10.1021/jf0527448.
7. Cai, Y.Z., Sun, M., Xing, J., Luo, Q., & Corke, H. (2006). Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. *Life Science* 28: 72-88. https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.11.004.
8. Cho, M., Lee H.S., Kang, I.J., Won, M.H., & You, S. (2011). Antioxidant properties of extract and fractions from *Enteromorpha prolifera*, a type of green seaweed. *Food Chemistry* 127: 999-1006. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.01.072.
9. Connell, S., Rivard, C., Peet, M., Harlow, C., & Louws, F. (2012). High tunnel and field production of organic heirloom tomatoes: yield, fruit quality, disease, and microclimate. *Horticulture Science* 47: 1283- 1290. https://doi.org/10.21273.
10. Curie, C., Cassin, G., Couch, D., Divol, F., Higuchi, K., Le Jean, M., Misson, J., Schikora, A., Czernic, P., & Mari, S. (2008). Metal movement within the plant: contribution of nicotianamine and yellow stripe 1-like transporters. *Annals of Botany* 103*(1)*: 1-11. https://doi.org/ 10.1093/aob/mcn207.
11. Dehghan, G., & Khoshkam, Z. (2012). Tin (II)–quercetin complex: Synthesis, spectral characterisation and antioxidant activity. *Food Chemistry* 131: 422-426. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.074.
12. Dixon, R.A., & Paiva, N.L. (1995). Stress-induced phenylpropanoid metabolism, *The Plant Cell 7*(7): 1085. https://doi.org/ 10.1105/tpc.7.7.1085.
13. Du, G., Li, M., Ma, F., & Liang, D. (2009). Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in *Actinidia* fruits. *Food Chemistry* 113: 557-562. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.025.
14. Eraslan, F., Inal, A., Gunes, A., & Alpaslan, M. (2007). Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Scientia Horticulturae* 113: 120-128. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.03.012.
15. Fan, D., Hodges, D.M., Critchley, A.T., & Prithiviraj, B. (2013). A commercial extract of brown macroalga (*Ascophyllum nodosum*) affects yield and the nutritional quality of spinach in vitro. *Communications in Soil Science and Plant Analysis 44*(12): 1873-1884. https://doi.org/10.1080/00103624.2013.790404.
16. Fan, D., Hodges, D.M., Zhang, J., Kirby, C.W., Ji X., Locke, S.J., Critchley, A.T., & Prithiviraj, B. (2011). Commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* enhances phenolic antioxidant content of spinach (*Spinacia oleracea* L.) which protects *Caenorhabditis elegans* against oxidative and thermal stress. *Journal of Agriculture Food Chemical* 124. 195–202. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.008.
17. FAO. (2019). FAOSTAT, FAO Statiscal Databases. http://faostat.fao.org.
18. Ferguson, A.R., & Ferguson, L.R. (2003). Are kiwifruit really good for you?, *Acta Horticulturae* 610: 131-138. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.610.16.
19. Fornes, F., Sanchez-Perales, M. & Guardiola, J.L. (2002). Effect of a seaweed extract on the productivity of' de Nules' Clementine mandarin and Navelina orange. *Botanica Marina 45*(5): 486-489. https://doi.org/10.1515/BOT.2002.051.
20. Geny, L., Bernardon Mery, A., & Larrive, G. (2007). A physiological pathway source of agronomic progress: The activation of flowering hormones. An algae filtrate acts on grapevines and apple trees. *Physio Activator Technology* 609: 37-40.
21. GhaffariZadeh, A., Seyed Nejad, S.M., & Gilani, A. (2015). The effect of different levels of urea fertilizer and brown seaweed extract on physiological traits and grain yield. *Crop Physiology Journal 7*(27): 69-83.
22. Ghasemi, M., Ramin, A.A., & Amini, F. (2016). The Effect of coating containing chitosan on quality and Increase post-harvest life cucumber cv zomorod. *Journal of Production and Processing of Crop and Gardening 5*(15): 189-198. https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.5.15.189.
23. Guerreiro, A.C., Gago, C.M., Faleiro, M.L., Miguel, M.G., & Antunes, M.D. (2015). The use of polysaccharide-based edible coatings enriched with essential oils to improve shelf-life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology* 110: 51-60. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.06.019.
24. Hernández-Herrera, R.M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Ruiz-López, M.A., Norrie, J., & Hernández-Carmona, G. (2014). Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Applied. Phycology 26*(1): 619–628. https://doi.org/ 10.1007/s10811-013-0078-4.
25. Hunter, D.C., Greenwood, J., Zhang J., & Skinner, M.A. (2011). Antioxidant and 'natural protective' properties of

kiwifruit. *Current Topics in Medicinal Chemistry* *11*(14): 1811-1820. https://doi.org/10.2174/156802611796235134.

26. Jahangir, M., Abdel-Farid, I.B., Kim, H.K., Choi, Y.H., & Verpoorte, R. (2009). Healthy and unhealthy plants: The effect of stress on the metabolism of Brassicaceae. *Environmental and Experimental Botany 67*(1): 23-33. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.06.007.
27. Javanmardi, J., & Azadi, H. (2013). Effects of Foliar Spray of Seaweed Extract on Growth, Yield and Qualitative Characteristics of Cherry Tomato (*Lycopersicon esculentum* var. Cerasiforme). *Journal of Horticultural Science and Technology 13*(3): 283-290. https://doi.org/10.14720/aas.2018.111.2.07.
28. Kaijv, M., Sheng, L., & Chao C. (2006). Antioxidation of flavonoids of Rhizome. *Food Science* 27: 110-115.
29. Kamel, H.M. (2014). Impact of garlic oil, seaweed extract and imazalil on keeping quality of Valencia orange fruits during cold storage. *Journal of Horticulture, Science Ornamental Plants* 6: 116–125. https://doi.org/10.5829/idosi.jhsop.2014.6.3.1145.
30. Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J., & Prithiviraj, B. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation* 28: 386–399. https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x.
31. Lai, A., Santangelo, E., Soressi G.P., & Fantoni, R. (2007). Analysis of the main secondary metabolites produced in tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill) epicarp tissue during fruit ripening using fluorescence techniques. *Postharvest Biology and Technology* 43: 355- 342. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.09.016.
32. Lata, B., & Przeradzka, M., (2002). Changes of antioxidant content in fruit peel and flesh of selected apple cultivars during storage. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 10: 5-13. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.09.016.
33. Lola-Luz, T., Hennequart, F., & Gaffney M. (2014). Effect on yield total phenolic, total flavonoid and total isothiocyanate content of two broccoli cultivars (*Brassica oleraceae* var italica) following the application of a commercial brown seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture 23*: 28–37. https://doi.org/10.23986/afsci.8832.
34. Martinez-Romero, D., Serrano, M., Carbonell, A., Burgos, L., Riquelme, F., & Valero, D. (2002). Effects of postharvest putrescine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damage in apricot. *Journal of Food Science 67*(5): 1706-1712. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb08710.x.
35. Masny, A., Basak, A., & Zurawicz, E. (2004). Effect of foliar application of Kelpak and Goemar BM 86 preparations on yield and fruit quality in two strawberry cultivars. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 12: 23-27.
36. Melo, T.A.D., Serra, I.M.R.S.D., Sousa, A.A., Sousa, T.Y.O., & Pascholati, S.F. (2018). Effect of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract on post-harvest 'Tommy Atkins' mangoes. *Scientific Electronic Library Online, Brasil 40*(3). 1-6. http://doi.org/10.1590/0100-29452018621.
37. Meng, X., Li, B., Liu, J., & Tian, S. (2007). Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan pre-harvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry* 106: 501-508. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.012.
38. Nafussi, B., Ben-Yehoshua, S., Rodov, V., Peretz, J., Ozer, B.K., & D'hallewin G. (2001). Mode of action of hot-water dip in reducing decay of lemon fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry 49*(1): 107-113. https://doi.org/ 10.1021/jf000700n.
39. Olivas, G.I., Mattinson, D.S., & Barbosa-Cánovas, G.V. (2007). Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala'apples. *Postharvest Biology and Technology 45*(1): 89-96. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.11.018.
40. Olsson, M.E., Ekvall, J.M., Gustavsson, K., Nilss.on, J., Pillai, D., Sjoholm, I., Svensson, U., Akesson, B., & Nyman, M. (2004). Antioxidants, low molecular weight carbohydrates, and total antioxidant capacity in strawberry (*Fragaria* x *ananassa*): effects of cultivar, ripening, and storage. *Agriculture Food Chemistry* 52: 2490–2498. https://doi.org/ 10.1021/jf030461e.
41. Omar, A.E.D.K. (2014). Use of seaweed extract as a promising postharvest treatment on Washington Navel orange (*Citrus sinensis* Osbeck). *Biological Agriculture and Horticulture 30*(3): 198-210. https://doi.org/10.1080/01448765.2014.890543.
42. Perkin-Veazie, P. (1995). Growth and ripening of strawberry fruit. *Horticultural Reviews* 17: 267–297. https://doi.org/10.1002/9780470650585.ch8.
43. Plaza, L., Crespo, I., de Pascual-Teresa, S., de Ancos, B., Sánchez-Moreno, C., Muñoz, M., & Cano, M.P. (2011). Impact of minimal processing on orange bioactive compounds during refrigerated storage. *Food Chemistry 124*(2): 646-651. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.089.
44. Plaza, L., Sánchez-Moreno, C., De Ancos, B., Elez-Martínez, P., Martín-Belloso, O., & Cano M.P. (2011). Carotenoid and flavanone content during refrigerated storage of orange juice processed by high-pressure, pulsed electric fields and low pasteurization. *LWT-Food Science and Technology 44*(4): 834-839. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.013.

45. Qadir, A., & Hashinaga, F. (2001). Inhibition of postharvest decay of fruits by nitrous oxide. *Postharvest Biology and Technology 22*(3): 279-283. https://doi.org/10.1016/S0925-5214(01)00087-4.
46. Rab, A., Najia, Sajid M., Bibi, F., Jan, I., Nabi, G., & Nawab, K. (2015). Quality changes in heat treated sweet orange fruit during storage at low temperature. *Journal of Animal and Plant Sciences 25*(3): 661-668.
47. Rabiei, V., & Joz.Ghasemi, S. (2013). *The laboratory applied methods in agronomy and horticultural sciences*, Jahad-e Daneshgahi Press, Urmia. 265 pages.
48. Rahemi, M. (2008). *Postharvest Physiology*. An Introduction to the Physiology and Handling of Fruits, Vegetables, and Ornamental, Shiraz University Press.
49. Rana, J., & Paul, J. (2017). Consumer behavior and purchase intention for organic food: A review and research agenda, *Journal of Retailing and Consumer Services* 38: 157-165. https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2017.06.004.
50. Rayorath, P., Benkel, B., Hodges, D.M., Allan-Wojtas, P., MacKinnon, S., Critchley, A.T., & Prithiviraj, B. (2009). Lipophilic components of the brown seaweed, *Ascophyllum nodosum*, enhance freezing tolerance in Arabidopsis thaliana. *Planta* 230: 135–147. https://doi.org/ 10.1007/s00425-009-0920-8.
51. Singleton, V L., & Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16: 144-158.
52. Soleimani, S., Yousef Zadi, M., Moein, S., Amrollahi Biuki, N., Keshavarz, M., & Asliyan, H. (2016). Evaluation of antioxidant activity and determination of polyphenolic content of marine tetaya Echinometra mathaei in Persian Gulf. *Journal of Biotechnology 6(2)*: 1-8.
53. Spinardi, A.M. (2005). Effect of harvest date and storage on antioxidant system in pears. *Acta Horticulturae, V International Postharvest Symposium* 682: 135-140. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.682.11.
54. Sridhar, S., & Rengasamy, R. (2010). Significance of seaweed liquid fertilizers for minimizing chemical fertilizers and improving yield of *Arachis hypogaea* under field trial. *Recent Research in Science and Technology 2(5)*: 73-80.
55. Strack, D. (1997). *Phenolic metabolism*. In: Dey P.M. and Harborne J.B. (Eds.). Plant Biochemistry. Academic Press, San Diego 387–416.
56. Tahir, M.M., Khurshid, M., Khan, M.Z, Abbasi, M.K., & Kazmi, M.H. (2011). Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. *Pedosphere* 21: 124-131. https://doi.org/10.1016/S1002-0160(10)60087-2.
57. Taiz, L., Zeiger, L. E, Moller, I.M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development*. Murphy, Angus. 6th ed. Sinauer Associates, 2015. 761 p.
58. Tavarini, S., Innocenti, E.D., Remorini, D., Massai, R., & Guidi, L. (2008). Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. *Food Chemistry* 107*:* 282-288. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.015.
59. Vargas, R.C., Defilippi, B.G., Valdes, G.H., Robledo, M.P., & Prieto, E.H. (2008). Effect of harvest time and Lcysteine as an antioxidant on flesh browing of fresh-cut cherimoya (*Annona cherimola* MiLL). *Journal of Agriculture Research* 68: 217-227. http://doi.org/10.4067/S0718-58392008000300001.
60. Wang, K., Jin, P., Cao, S., Shang, H., Yang, Z., & Zheng, Y. (2009). Methyl jasmonate reduces decay and enhances antioxidant capacity in chines bay berries. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 57: 5809-5815. https://doi.org/10.1021/jf900914a.
61. Zarbakhsh, S., & Rastegar, S. (2017). The Effect of Salicylic Acid and Gum Arabic on Some Qualitative and Quantitative Characteristics of *Ziziphus mauritiana* Lam During Storage. *Journal of Food Technology and Nutrition 14*(2): 78-98.
62. Zhang, Y., Shi, S., Wang, Y., & Huang, K. (2011). Target-guided isolation and purification of antioxidants from *Selaginella sinensis* by offline coupling of DPPH-HPLC and HSCCC experiments. *Journal of Chromatography B* 879: 191–196. http://dx.doi.org/ 10.1016/j.jchromb.2010.12.004.
63. Zhaoliang, L., Youngbing, Y., Chenglian, L., Zongxun, C., & Tsunghsum, T. (1998). Regulation of antioxidant enzymes by salicylic acid in cucumber leaves. *Acta Botanica Sinica 40*(4): 356-361.
64. Zivanovic, S., Buescher, R.W., & Kim, K.S. (2000). Textural changes in mushroom (*Agaricus bisporus*) associated tissue ultrastructure and composition. *Journal of Food Science* 65: 1404–1408. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10621.x.
65. Zodape, S.T. (2001). Seaweeds as a biofertilizer. *Journal of Scientific and Industrial Research 60(5)*: 378–382.
66. Zucker, M. (1968). Sequential induction of phenylalanine ammonia-lyase and a lyase-inactivating system in potato tuber disks. *Plant Physiology* 43: 365-374. https://doi.org/10.1104/pp.43.3.365.